

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2000年12月28日 (28.12.2000)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 00/79288 A1

(51) 国際特許分類:
15/18, H01L 29/84, B81B 3/00

G01P 15/12,

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 福本博文 (FUKU-MOTO, Hirofumi) [JP/JP]; 〒416-0939 静岡県富士市川成島100 旭化成西アパート1025号 Shizuoka (JP). 石田 誠 (ISHIDA, Makoto) [JP/JP]; 〒441-8125 愛知県豊橋市野依台1-13-3 Aichi (JP). 高尾英邦 (TAKAO, Hidekuni) [JP/JP]; 〒441-8066 愛知県豊橋市王ヶ崎町上原1-3 合同宿舍王ヶ崎住宅1-501 Aichi (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP00/04012

(22) 国際出願日: 2000年6月20日 (20.06.2000)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願平11/175681 1999年6月22日 (22.06.1999) JP

(74) 代理人: 森 哲也, 外 (MORI, Tetsuya et al.); 〒101-0045 東京都千代田区神田鍛冶町三丁目7番地 村木ビル8階 日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).

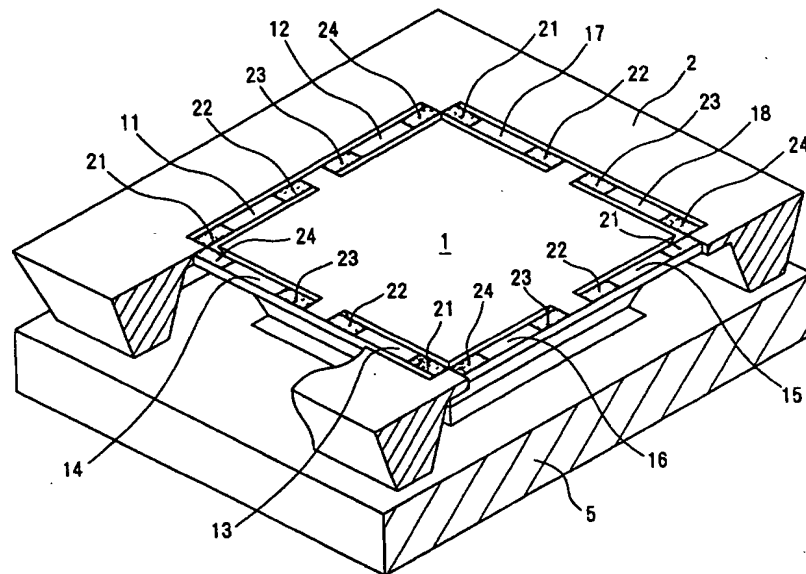
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 旭化成工業株式会社 (ASAHI KASEI KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒530-8205 大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号 Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL,

[続葉有]

(54) Title: ACCELERATION SENSOR

(54) 発明の名称: 加速度センサ



(57) Abstract: A support (1) is attached fixedly to the center of a glass substrate (5). The support (1) is surrounded at a predetermined distance by a weight (2) in the form of a square frame. The weight (2) is supported movably on the support (1) by thin beams (11-18), which extend along the sides of the support (1). The support (1), the weight (2), and the beams (11-18) are formed of a silicon substrate.

[続葉有]

WO 00/79288 A1



PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

ガラス基板 5 上の中央に支持体 1 が固定されている。この支持体 1 の周囲には、所定の間隔をおいて四角形の枠からなる重り部 2 がその支持体 1 を囲うように配置されている。重り部 2 は、肉厚の薄い梁 11～18 により支持体 1 に可動自在に支持されるとともに、その各梁 11～18 は、その長さ方向が支持体 1 の各辺に沿うように配置されている。支持体 1、重り部 2、および梁 11～18 はシリコンの基板によって形成されている。

明 細 書

加速度センサ

5 技術分野

本発明は、重りとこの重りを可動自在に支える梁などからなり、梁のたわみを利用して加速度を検出する加速度センサに係り、特に、マイクロマシンで構成された構造体に信号処理回路を混載し、多軸方向の加速度成分を検出可能な加速度センサに関するものである。

10

背景技術

従来、この種の半導体加速度センサとしては、例えば、図 15 に示すような第 1 の加速度センサと、後述の第 2 の加速度センサとが知られている。

15 第 1 の加速度センサは、図 15 に示すように、ガラス基板 5 に固定されるシリコン基板からなる支持体 1 と、この支持体 1 の周囲に配置されるシリコン基板からなる方形枠状の重り部 2 と、支持体 1 と重り部 2 とを接続し重り部 2 を揺動自在に支持する薄肉のシリコン基板からなる 4 つの梁 3 とを備え、この各梁 3 上の両端部に上述の応力検出部 4 が配置
20 されるとともに、支持体 1 の上部には集積回路部 6 が形成されている。

第 2 の加速度センサは、図 16 に示すように、ガラス基板 5 に固定される方形枠状の支持体 10 と、この支持体 10 の内周部に配置される重り部 9 と、支持体 10 と重り部 9 とを接続し重り部 9 を揺動自在に支持
25 する薄肉の 4 つの梁 3 とを備えたものである。

このように構成される従来の両加速度センサでは、各応力検出部 4 か

らの検出信号を集積回路部 6 で処理することにより、X 軸、Y 軸、および Z 軸の方向の加速度成分を出力できるようになっている。

ところで、従来の両加速度センサでは、検出感度を増大させるには各梁 3 の長さを長くする必要がある。この各梁 3 を長くするには、従来の
5 ような加速度センサの構造では、支持体 1 の大きさを小さくするか、またはセンサ全体を大きくしなければならない。

しかし、支持体 1 がシリコン基板の場合には、この上に CMOS 等の信号処理回路を搭載（形成）可能であり、支持体 1 の大きさを小さくすると、信号処理回路の搭載が不可能になるという不都合が生じる。また
10 、センサ全体の大型化は検出感度を増大できる点では好ましいが、全体としてみると必ずしも好適な解決方法とはいえない。

一方、従来の第 2 の加速度センサでは、梁 3 が支持体 10 により囲まれているため、センサをケース 10 A でパッケージングした状態で、支持体 10 が材料の熱膨張係数差により応力を受けた場合に、その応力が
15 各梁 3 に対してその長手方向に加わり、各梁 3 の座屈や出力信号のシフトなどの不都合が生じる。さらに、梁 3 を内側に延ばした場合に重り部 9 の質量が減少するため、検出感度が低下するという不都合がある。

このため、センサ全体を大きくすることなく検出感度を向上させ、小型であっても検出感度の優れた新たな加速度センサの出現が望まれる。

20

そこで、本発明の第 1 の目的は、上記の点に鑑み、高感度かつ小型化が可能な新たな加速度センサを提供することにある。

また、本発明の第 2 の目的は、高感度かつ小型化が可能な上に、さらに、加速度センサが本来の機能である外部から加わる加速度により生じる
25 応力以外の応力が、検出素子に伝わることのない信頼性の高い加速度センサを提供することにある。

さらに、本発明の第3の目的は、第1および第2の目的に適合するような検出回路を含む加速度センサを提供することにある。

発明の開示

- 5 本発明は、固定された支持体と、この支持体を囲うように配置される重り部と、この重り部を可動自在に前記支持体に支持させる梁とを備え、応力による前記梁のたわみを利用して加速度を検出する加速度センサであって、前記支持体は四角形からなるとともに、前記重り部は四角形の枠からなり、前記梁は、その長さ方向が前記支持体の各辺に沿うようにその各辺に2つずつ配置され、その各梁の両端は前記支持体と前記重り部の所定位置に接続されていることを特徴とする加速度センサを提供する。

- 10 本発明の加速度センサの実施態様としては、前記梁の一端は、前記支持体の辺または前記重り部の内周辺の中央部に接続され、その梁の他端は、前記重り部の内周部の角部または前記支持体の辺の端部に接続されていることを特徴とする加速度センサが挙げられる。

このような構成からなる本発明の加速度センサまたは実施態様によれば、従来のセンサに比べて梁を長くできるので、高感度かつ小型化が可能となる。

- 20 本発明は、また、中央に中空部を有して固定された支持体と、この支持体の中空部内に配置される重り部と、この重り部を可動自在に前記支持体に支持する梁とを備え、応力による前記梁のたわみを利用して加速度を検出する加速度センサであって、前記支持体は四角形の枠からなるとともに、前記重り部は四角形からなり、前記梁は、その長さ方向が前記重り部の各辺に沿うようにその各辺に2つずつ配置され、その各梁の両端は前記支持体と前記重り部の所定位置に接続されていることを特徴
- 25

とする加速度センサを提供する。

本発明の加速度センサの実施態様としては、前記梁の一端は、前記支持体の内周辺または前記重り部の辺の中央部に接続され、その梁の他端は、前記支持体の内周部の角部の近傍または前記重り部の辺の端部に接続されていることを特徴とする加速度センサが挙げられる。

この実施態様によれば、重り部が中央で支持体はその重り部を囲う形態であって、その支持体がパッケージと一体になるような場合でも、パッケージなどから受ける応力が梁の長さ方向に直接作用しないので、応力検出素子への影響を抑制してセンサの信頼性を高めることができる。

本発明の加速度センサの実施態様としては、前記支持体、前記重り部、および前記各梁は、シリコン基板により形成されていることを特徴とする加速度センサが挙げられる。

このような構成からなる本発明の加速度センサまたは各実施態様によれば、従来のセンサに比べて梁を長くできるので、高感度かつ小型化が可能となる。

本発明の加速度センサの実施態様としては、前記各梁は、その両端の応力集中部にピエゾ抵抗素子を備え、前記支持体の各辺または前記重り部の各辺に配置される2つの梁に配置された4つのピエゾ抵抗素子からなるホイートストンブリッジを、各辺ごとに構成するようにし、これら4組のホイートストンブリッジの出力信号について所定の演算処理をして任意の方向の加速度を求める演算回路を備えたことを特徴とする加速度センサが挙げられる。

本発明の加速度センサの実施態様としては、前記各梁は、その両端の応力集中部にMOSFETからなる応力検出素子を備え、前記支持体の各辺にまたは前記重り部の各辺に配置される2つの梁に配置された4つのMOSFETを含む差動増幅回路を構成し、これら4組の差動増幅回

路の出力信号について所定の演算処理をして任意の方向の加速度を求める演算回路を備えたことを特徴とする加速度センサが挙げられる。

本発明の加速度センサの実施態様としては、前記MOSFETはP型MOSFETであり、差動増幅回路はCMOS差動増幅回路であることを特徴とする加速度センサが挙げられる。

本発明の加速度センサの実施態様としては、前記任意の方向とは、X軸、Y軸、およびZ軸の3方向であり、前記X軸方向とY軸方向は前記梁の長さ方向に対して45°回転した方向とし、前記Z軸方向は前記梁の厚み方向であることを特徴とする加速度センサが挙げられる。

このような構成からなる各実施態様によれば、4組の回路の出力信号について所定の演算処理をして任意の方向の加速度を求める演算回路を備えるようにしたので、3軸の加速度センサとして利用できる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の加速度センサの第1実施形態の外観構造を示し、その一部を破断した斜視図である。

図2は、その第1実施形態の平面図である。

図3は、図2のa-a線の断面図である。

図4は、図2のb-b線の断面図である。

図5は、本発明の加速度センサの第2実施形態の外観構造を示し、その一部を破断した斜視図である。

図6は、その第2実施形態の平面図である。

図7は、図6のc-c線の断面図である。

図8は、図6のd-d線の断面図である。

図9は、加速度が作用したときの梁の状態を説明する図である。

図10は、本発明の加速度センサの第3実施形態の平面図である。

図 1 1 は、検出部のブリッジの構成例を示す図である。

図 1 2 は、加速度検出回路の構成例を示す図である。

図 1 3 は、差動増幅回路の構成例を示す図である。

図 1 4 は、加速度検出回路の他の構成例を示す図である。

5 図 1 5 は、従来の加速度センサの斜視図である。

図 1 6 は、従来の他の加速度センサの断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照して説明する

10 。

本発明の加速度センサの第 1 実施形態について、図 1 ～図 4 を参照して説明する。図 1 は、この第 1 実施形態の外観構造を示し、その一部を破断した斜視図である。図 2 はその平面図、図 3 は図 2 の a - a 線の断面図、図 4 は図 2 の b - b 線の断面図である。

15 この第 1 実施形態に係る加速度センサは、図 1 ～図 4 に示すようにガラス基板 5 上に形成され、そのガラス基板 5 上の中央に四角錐台からなりその上下を逆にした支持体 1 が固定されている。この支持体 1 の周囲には、所定の間隔をおいて四角形の枠からなる重り部 2 がその支持体 1 を囲うように配置されている。重り部 2 は、肉厚の薄い梁 1 1 ～ 1 8 に
20 より支持体 1 に可動自在に支持されるとともに、その各梁 1 1 ～ 1 8 は、その長さ方向が支持体 1 の各辺に沿うように配置されている。支持体 1、重り部 2、および梁 1 1 ～ 1 8 は、シリコンの基板を素材にして形成されている。

25 梁 1 1、1 2 は、図示のように、その長さ方向が支持体 1 の上辺に沿うように配置され、その各一端は支持体 1 の上辺の中央部に共通に接続され、その各他端は重り部 2 の内周部の角部（隅の部分）にそれぞれ接

続されている。

同様に、梁 1 3、1 4、梁 1 5、1 6、および梁 1 7、1 8 は、図示のように、その長さ方向が支持体 1 の左辺、下辺、および右辺にそれぞれ沿うように配置され、その各梁の一端は支持体 1 の対応する辺の中央部に共通に接続され、その各他端は重り部 2 の内周部の対応する角部にそれぞれ接続されている。

梁 1 1、1 2 の応力集中部である両端には、応力検出素子 2 1、2 2、2 3、2 4 が配置されている。同様に、梁 1 3、1 4、梁 1 5、1 6、および梁 1 7、1 8 の各両端には、応力検出素子 2 1～2 4 がそれぞれ配置されている。

なお、図示の例では、梁 1 1、1 2 は、その各一端が支持体 1 の上辺の中央部に共通に接続され、その各他端が重り部 2 の内周部の角部にそれぞれ接続されている。しかし、梁 1 1、1 2 は、その各一端が重り部 2 の内周辺の中央部に共通に接続され、その各他端が支持体 1 の上辺の両端部にそれぞれ接続されるようにしても良い。これは、梁 1 3、1 4、梁 1 5、1 6、および梁 1 7、1 8 の各両端の接続についても同様である。

次に、このような構成からなる第 1 実施形態に係る加速度センサの動作について説明する。

いま、この加速度センサに加速度が加わると、可動自在な重り部 2 が加速度に応じて移動し、この重り部 2 の移動に伴い梁 1 1～1 8 に応力が加わる。このとき、梁の両端で応力が最大となるので、この応力を応力検出素子 2 1～2 4 で検出し、この検出に基づいて加速度を検出できる。

ここで、加速度を受けたときに梁 1 1～1 8 に生ずる応力の大きさは、梁の長さに比例するので、従来の構成に比べて梁 1 1～1 8 の長さが

長くなった分、同一の加速度であっても発生する応力が大きくなり応力検出素子 21～24 の検出感度が向上する。

次に、本発明の加速度センサの第 2 実施形態について、図 5～図 8 を参照して説明する。図 5 は、この第 2 実施形態の外観構造を示し、その一部を破断した斜視図である。図 6 はその平面図、図 7 は図 5 の c-c 線の断面図、図 8 は図 5 の d-d 線の断面図である。

この第 2 実施形態に係る加速度センサは、図 5～図 8 に示すようにガラス基板 5 上に形成され、そのガラス基板 5 上の中央に四角錐台からなりその上下を逆にした重り部 7 が可動自在に配置されている。この重り部 7 の周囲には、所定の間隔をおいて四角形の枠からなり支持体 8 がその重り部 7 を囲うように配置されるとともに、その支持体 8 はガラス基板 5 に固定されている。重り部 7 は、肉厚の薄い梁 31～38 により支持体 8 に可動自在に支持されるとともに、その各梁 31～38 は、その長さ方向が重り部 7 の各辺に沿うように配置されている。支持体 8、重り部 7、および梁 31～38 は、シリコン基板を素材にして形成されている。

梁 31、32 は、図示のように、その長さ方向が重り部 7 の上辺に沿うように配置され、その各一端は重り部 7 の上辺の中央部に共通に接続され、その各他端が支持体 8 の内周部の角部の近傍にそれぞれ接続されている。

同様に、梁 33、34、梁 35、36、および梁 37、38 は、図示のように、その長さ方向が重り部 7 の左辺、下辺、および右辺にそれぞれ沿うように配置され、その各梁の一端は重り部 7 の対応する辺の中央部に共通に接続され、その各他端は支持体 8 の内周部の対応する角部の近傍にそれぞれ接続されている。

従って、支持体 8 の内周部の 4 つの各角部には、図 5 および図 6 に示

すような４つの空間３９が形成されることになる。

梁３１、３２の応力集中部である両端には、応力検出素子２１、２２、２３、２４が配置されている。同様に、梁３３、３４、梁３５、３６、および梁３７、３８の各両端には、応力検出素子２１～２４がそれぞれ配置されている。

なお、図示の例では、梁３１、３２は、その各一端が重り部７の上辺の中央部に共通に接続され、その各他端が支持体８の内周部の角部にそれぞれ接続されている。しかし、梁３１、３２は、その各一端が支持体８の内周辺の中央部に共通に接続され、その各他端が重り部７の上辺の両端部にそれぞれ接続されるようにしても良い。これは、梁３３、３４、梁３５、３６、および梁３７、３８の各両端の接続についても同様である。

次に、このような構成からなる第２実施形態に係る加速度センサの動作について説明する。

いま、図９（Ａ）に示すように、この加速度センサに水平方向の加速度が作用すると、重り部７にはこの加速度の方向とは反対方向に慣性力が働き、梁３５、３６の応力検出素子２１～２４の部分に、図示のように圧縮応力（－）と引張応力（＋）とが発生する。また、図図９（Ｂ）に示すように、この加速度センサに垂直方向の加速度が作用すると、重り部７にはこの加速度の方向とは反対方向に慣性力が働き、梁３５、３６の応力検出素子２１～２４の部分に、図示のように圧縮応力（－）と引張応力（＋）とが発生する。

このように、加速度センサに加速度が加わると、可動自在な重り部７が加速度に応じて移動し、この重り部７の移動に伴い梁３１～３８に応力が加わる。このとき、梁の両端で応力が最大となるので、この応力を応力検出素子２１～２４で検出し、この検出に基づいて加速度を検出で

きる。

ここで、加速度を受けたときに梁 3 1 ～ 3 8 に生ずる応力の大きさは、梁の長さに比例するので、従来の構成に比べて梁 3 1 ～ 3 8 の長さが長くなった分、同一の加速度であっても発生する応力が大きくなり応力
5 検出素子 2 1 ～ 2 4 の検出感度が向上する。

また、この第 2 の実施形態にかかる速度センサは、重り部 7 が中央で支持体 8 がその重り部 7 を囲う形態であって、その支持体 8 がパッケージと一体になるものであるが、梁 3 1 ～ 3 8 は、重り部 7 の各辺に対して平行であって、その両端の接続が、上記のように支持体 8 の内周部の
10 角部を除いた部分を利用している。このため、加速度センサの全体を囲むパッケージから支持体 8 に応力が加わった場合に、梁 3 1 ～ 3 8 の長手方向に直接応力が作用することなく、梁の座屈や出力信号のシフトなどが発生しない。

次に、本発明の加速度センサの第 3 実施形態について、図 1 0 を参照
15 して説明する。図 1 0 は、この第 3 実施形態の平面図である。

この第 3 実施形態に係る加速度センサは、第 2 実施形態と基本的に同様の構成からなり、その各梁 3 1 ～ 3 8 の重り部 7 との接続構造のみが異なるようにしたものである。

すなわち、第 2 実施形態は、図 6 に示すように、梁 3 1、3 2、梁 3
20 3、3 4、梁 3 5、3 6、及び梁 3 7、3 8 の各一端を、重り部 7 の対応する各辺の中央部に共通に接続するようにしたが、第 3 実施形態は、図 1 0 に示すように、梁 3 1、3 2、梁 3 3、3 4、梁 3 5、3 6、及び梁 3 7、3 8 の各一端を、重り部 7 の対応する各辺の中央部に共通ではなく所定の間隔をあけて個別に接続するようにした。

25 なお、第 3 実施形態の他の部分の構成は、図 6 に示す第 2 実施形態と同様であるので、同一の構成要素には同一符号を付してその説明は省略

する。また、このような構成からなる第3実施形態の動作は、第2実施形態の動作と同様であるので、その説明は省略する。

第2実施形態では、梁31～38と支持体8の接続が支持体8の内周部の角部を除いた部分を利用することにより、加速度センサの全体を囲むパッケージから支持体8に応力が加わった場合に、梁31～38の長手方向に直接応力が作用することがなく、梁31～38の座屈や出力信号のシフトを抑制するようにした。

これに対して、第3実施形態では、梁31～38の支持体8との接続を第2実施形態と同様にするとともに、梁31～38の重り部7との接続は、図10に示すように、重り部7の各辺の中央部に所定の間隔をあけて個別に接続するようにした。このため、第3実施形態では、梁31～38の座屈や出力信号のシフトをさらに効果的に抑制できる。

次に、上述の第1実施形態に係る加速度センサに適用される加速度検出回路の構成例について、図1、図2、図11、および図12を参照して説明する。

図1および図2に示すように、支持体1の各辺の各応力検出素子21～24として、ピエゾ抵抗素子を使用する場合には、その応力検出素子21～24の各位置にP型の拡散層によるピエゾ抵抗素子21a～24aをそれぞれ配置する。これらの4つのピエゾ抵抗素子21a～24aは、図11に示すようなホイートストンブリッジを構成するものとする。

そして、梁11、12の応力検出素子21～24の位置に配置されるピエゾ抵抗素子21a～24aにより図12に示すような第1のホイートストンブリッジ41を構成する。同様に、梁13、14、梁15、16、および梁17、18の応力検出位置21～24の位置に配置される抵抗素子21a～24aにより、図12に示すように、第2、第3および

第4のホイーストンプリッジ42、43、44をそれぞれ構成する。

ホイーストンプリッジ41～44の各出力S1～S4は、梁の長手方向の加速度に対しては、応力検出素子21と応力検出素子23が同一の変形をし、応力検出素子22と応力検出素子24が同一の変形をするので、その出力端子には信号が出力されない。

次に、ホイーストンプリッジ41～44の出力信号により、X軸、Y軸、およびZ軸の各方向の加速度信号Xs、Ys、Zsを求める演算回路について図12を参照して説明する。なお、X軸、Y軸、およびZ軸は、図2に示すようにとるものとし、X軸とY軸とは梁の長手方向に対して45°回転した位置になっている。

この演算回路は、ホイーストンプリッジ41～44の出力信号S1～S4について、(1)式の演算を行ってX軸方向の加速度信号Xsを求める加算器45と、その出力信号S1～S4について、(2)式の演算を行ってY軸方向の加速度信号Ysを求める加算器46と、その出力信号S1～S4について、(3)式の演算を行ってZ軸方向の加速度信号Zsを求める加算器47とから構成されている。

$$Xs = (S2 + S3) - (S1 + S4) \cdots (1)$$

$$Ys = (S3 + S4) - (S1 + S2) \cdots (2)$$

$$Zs = S1 + S2 + S3 + S4 \cdots (3)$$

次に、加算器45～47が(1)～(3)式を用いて各加速度信号Xs、Ys、Zsを求めることができる理由について説明する。

いま、図2のX軸方向に加速度が作用したとすると、梁13、14と梁15、16とは同一の変化をし、梁11、12と梁17、18は同一の変化をし、前者と後者とではその変化が逆方向となる。このため、ホイーストンプリッジ42と43の出力信号S2、S3は正となり、ホイーストンプリッジ41と44の出力信号S1、S4は負となる。そ

ここで、その出力 $S_1 \sim S_4$ について、加算器 45 で (1) 式の演算を行うと、X 軸方向の加速度信号 X_s が求まる。

このとき、加算器 46 は、(2) 式による演算を行うが、出力信号 S_3 と出力信号 S_4 は符号が逆となり打ち消しあい、同様に出力信号 S_1 と出力信号 S_2 は符号が逆となり打ち消しあうので、その加速度信号 Y_s は「零」となる。また、このとき、加算器 47 は (3) 式による演算を行うが、同様にその加速度信号 Z_s は「零」となる。

次に、図 2 の Y 軸方向に加速度が作用したとすると、梁 15、16 と梁 17、18 とは同一の変化をし、梁 11、12 と梁 13、14 は同一の変化をし、前者と後者とではその変化が逆方向となる。このため、ホイートストンブリッジ 43 と 44 の出力信号 S_3 、 S_4 は正となり、ホイートストンブリッジ 41 と 42 の出力信号 S_1 、 S_2 は負となる。そこで、その出力 $S_1 \sim S_4$ について、加算器 46 で (2) 式の演算を行うと、Y 軸方向の加速度信号 Y_s が求まる。

このとき、加算器 45 は、(1) 式による演算を行うが、出力信号 S_2 と出力信号 S_3 は符号が逆となり打ち消しあい、同様に出力信号 S_1 と出力信号 S_4 は符号が逆となり打ち消しあうので、その加速度信号 X_s は「零」となる。また、このとき、加算器 47 は (3) 式による演算を行うが、同様にその加速度信号 Z_s は「零」となる。

さらに、図 2 の Z 軸方向に加速度が作用したとすると、梁 11、12、梁 13、14、梁 15、16、梁 17、18 は同一の変化をする。このため、ホイートストンブリッジ 41 ~ 44 の出力信号 $S_1 \sim S_4$ は正となり、その出力 $S_1 \sim S_4$ について、加算器 47 で (3) 式の演算を行うと、Z 軸方向の加速度信号 Z_s が求まる。

このとき、加算器 45 は、(1) 式による演算を行うが、その加速度信号 X_s は「零」となり、加算器 46 は (2) 式による演算を行うが、

その加速度信号 Y_s は「零」となる。

以上の説明から明らかなように、加算器 45～47 は、(1) 式～(3) 式のような演算を行うことにより、X 軸、Y 軸、および Z 軸方向の各加速度に応じた加速度信号 X_s 、 Y_s 、 Z_s を同時に生成することができる。

次に、加速度検出回路の他の構成例について、図 1、図 2、図 13、および図 14 を参照して説明する。

この加速度検出回路は、図 1 および図 2 に示すように、支持体 1 の各辺の各応力検出素子 21～24 として、P 型 MOSFET を用いたものであり、その応力検出素子 21～24 の各位置に P 型 MOSFET 21b～24b を配置する。これらの 4 つの MOSFET 21b～24b は、入力トランジスタとして図 13 に示すような CMOS 差動増幅回路を構成するものとする。

そして、梁 11、12 の応力検出部 21～24 の位置に配置される MOSFET 21b、24b より図 14 に示すような第 1 の差動増幅回路 51 を構成する。同様に、梁 13、14、梁 15、16、および梁 17、18 の応力検出部 21～24 の位置に配置される MOSFET 21b～24b により、図 14 に示すように、第 2、第 3 および第 4 の差動増幅回路 52～54 をそれぞれ構成する。

次に、差動増幅回路 51～54 の具体的な構成について、図 13 を参照して説明する。

この差動増幅回路は、図 13 に示すように、応力検出部 21～24 に配置される入力用の 4 つの P 型 MOSFET 21b～24b と、電流源となる P 型 MOSFET 61 と、カレントミラーを構成する 2 つの N 型 MOSFET 62、63 から構成され、出力端子 64 から出力信号が出力されるようになっている。

MOSFET 21bとMOSFET 24bとは並列に接続され、その
共通接続されたソースがMOSFET 61を介して電源V_{dd}に接続さ
れるとともに、その共通接続されたドレインがダイオード接続されたM
OSFET 62を介して電源V_{ss}に接続されるとともに、その両ゲ
5 トにはゲートバイアス電圧が印加されている。

同様に、MOSFET 22bとMOSFET 23bとは並列に接続さ
れ、その共通接続されたソースがMOSFET 62を介して電源V_{dd}
に接続されるとともに、その共通接続されたドレインがMOSFET 6
3を介して電源V_{ss}に接続されるとともに、その両ゲートにはゲ
10 トバイアス電圧が印加されている。

このような構成からなる差動増幅回路51～54の各出力S1～S4
は、梁の長手方向の加速度に対しては、MOSFET 51とMOSFE
T 53が同一の変形をし、MOSFET 52とMOSFET 54が同一
の変形をするので、その出力端子には信号が出力されない。

15 次に、差動増幅回路51～54の出力信号により、X軸、Y軸、およ
びZ軸の各方向の加速度信号X_s、Y_s、Z_sを求める演算回路につ
いて図14を参照して説明する。なお、X軸、Y軸、およびZ軸は、図2
に示すようにとるものとし、X軸とY軸とは梁の長手方向に対して45
°回転した位置になっている。

20 この演算回路は、差動増幅回路51～54の出力信号S5～S8につ
いて、(4)式の演算を行ってX軸方向の加速度信号X_sを求める加算
器55と、その出力信号S5～S8について、(5)式の演算を行って
Y軸方向の加速度信号Y_sを求める加算器56と、その出力信号S5～
S8について、(6)式の演算を行ってZ軸方向の加速度信号Z_sを求
25 める加算器57とから構成されている。

$$X_s = (S_6 + S_7) - (S_5 + S_8) \dots (4)$$

$$Ys = (S7 + S8) - (S5 + S6) \dots (5)$$

$$Zs = S5 + S6 + S7 + S8 \dots (6)$$

次に、加算器 55～57 が (4)～(6) 式を用いて各加速度信号 Xs 、 Ys 、 Zs を求めることができる理由について説明する。

- 5 いま、図 2 の X 軸方向に加速度が作用したとすると、梁 13、14 と梁 15、16 とは同一の変化をし、梁 11、12 と梁 17、18 は同一の変化をし、前者と後者とではその変化が逆方向となる。このため、差動増幅回路 52 と 53 の出力信号 $S6$ 、 $S7$ は正となり、差動増幅回路 51 と 54 の出力信号 $S5$ 、 $S8$ は負となる。そこで、その出力 $S5 \sim$
10 $S8$ について、加算器 55 で (4) 式の演算を行うと、X 軸方向の加速度信号 Xs が求まる。

- このとき、加算器 56 は、(5) 式による演算を行うが、出力信号 $S7$ と出力信号 $S8$ は符号が逆となり打ち消しあい、同様に出力信号 $S5$ と出力信号 $S6$ は符号が逆となり打ち消しあうので、その加速度信号 Ys は「零」となる。また、このとき、加算器 57 は (6) 式による演算
15 を行うが、同様に打ち消しあってその加速度信号 Zs は「零」となる。

- 次に、図 2 の Y 軸方向に加速度が作用したとすると、梁 15、16 と梁 17、18 とは同一の変化をし、梁 11、12 と梁 13、14 は同一
20 の変化をし、前者と後者とではその変化が逆方向となる。このため、差動増幅回路 53 と 54 の出力信号 $S7$ 、 $S8$ は正となり、差動増幅回路 51 と 52 の出力信号 $S5$ 、 $S6$ は負となる。そこで、その出力 $S5 \sim$
 $S8$ について、加算器 56 で (5) 式の演算を行うと、Y 軸方向の加速度信号 Ys が求まる。

- 25 このとき、加算器 55 は、(4) 式による演算を行うが、出力信号 $S6$ と出力信号 $S7$ は符号が逆となり打ち消しあい、同様に出力信号 $S5$

と出力信号 S_8 は符号が逆となり打ち消しあうので、その加速度信号 X_s は「零」となる。また、このとき、加算器 57 は (6) 式による演算を行うが、同様に打ち消しあってその加速度信号 Z_s は「零」となる。

5 さらに、図 2 の Z 軸方向に加速度が作用したとすると、梁 11、12、梁 13、14、梁 15、16、梁 17、18 はいずれも同一の変化をする。このため、差動増幅回路 51～54 の出力信号 $S_5 \sim S_8$ は正となり、その出力 $S_5 \sim S_8$ について、加算器 57 で (6) 式の演算を行うと、Z 軸方向の加速度信号 Z_s が求まる。

10 このとき、加算器 55 は、(4) 式による演算を行うが、その加速度信号 X_s は「零」となり、加算器 56 は (5) 式による演算を行うが、その加速度信号 Y_s は「零」となる。

 以上の説明から明らかなように、加算器 55～57 は、(4) 式～(6) 式のような演算を行うことにより、X 軸、Y 軸、および Z 軸方向の
15 各加速度に応じた加速度信号 X_s 、 Y_s 、 Z_s を同時に生成することができる。

 なお、以上の説明は、図 1～図 4 に示す第 1 実施形態に 2 つの加速度検出回路を適用した場合について説明した。しかし、上述の 2 つの加速度検出回路は、図 5～図 8 に示す第 2 実施形態、および図 10 に示す第
20 3 実施形態にも適用できること勿論であり、その説明は重複記載になるので省略する。

産業上の利用可能性

 以上述べたように、本発明によれば、従来のセンサに比べて梁を長く
25 できるので、高感度かつ小型化が可能となる。

 また、本発明によれば、高感度かつ小型化が可能な上に、さらに、加

速度センサが本来の機能である外部から加わる加速度により生じる応力以外の応力が、検出素子に伝わることのない信頼性の高い加速度センサを得ることができる。

- さらに、本発明によれば、4組の回路の出力信号について所定の演算
- 5 処理をして任意の方向の加速度を求める演算回路を備えるようにしたので、3軸の加速度センサとして利用できる。

請 求 の 範 囲

1. 固定された支持体と、この支持体を囲うように配置される重り部と、この重り部を可動自在に前記支持体に支持させる梁とを備え、応力による前記梁のたわみを利用して加速度を検出する加速度センサであって

前記支持体は四角形からなるとともに、前記重り部は四角形の枠となり、前記梁は、その長さ方向が前記支持体の各辺に沿うようにその各辺に2つずつ配置され、その各梁の両端は前記支持体と前記重り部の所定位置に接続されていることを特徴とする加速度センサ。

2. 前記梁の一端は、前記支持体の辺または前記重り部の内周辺の中央部に接続され、その梁の他端は、前記重り部の内周部の角部または前記支持体の辺の端部に接続されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の加速度センサ。

3. 中央に中空部を有して固定された支持体と、この支持体の中空部内に配置される重り部と、この重り部を可動自在に前記支持体に支持する梁とを備え、応力による前記梁のたわみを利用して加速度を検出する加速度センサであって、

前記支持体は四角形の枠からなるとともに、前記重り部は四角形からなり、前記梁は、その長さ方向が前記重り部の各辺に沿うようにその各辺に2つずつ配置され、その各梁の両端は前記支持体と前記重り部の所定位置に接続されていることを特徴とする加速度センサ。

4. 前記梁の一端は、前記支持体の内周辺または前記重り部の辺の中央部に接続され、その梁の他端は、前記支持体の内周部の角部の近傍または前記重り部の辺の端部に接続されていることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の加速度センサ。

5. 前記支持体、前記重り部、および前記各梁は、シリコン基板により形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項から請求の範囲第4項のうちのいずれか1の項に記載の加速度センサ。

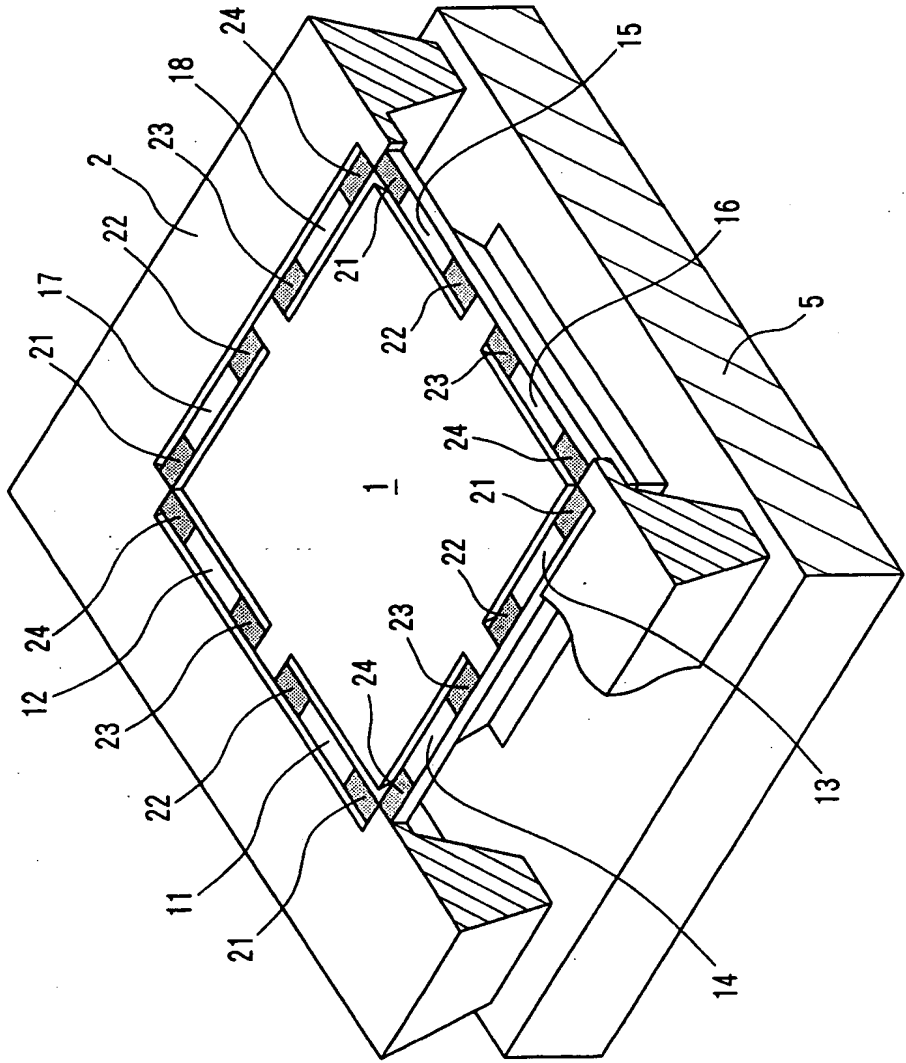
6. 前記各梁は、その両端の応力集中部にピエゾ抵抗素子を備え、前記支持体の各辺または前記重り部の各辺に配置される2つの梁に配置された4つのピエゾ抵抗素子からなるホイートストンブリッジを、各辺ごとに構成するようにし、これら4組のホイートストンブリッジの出力信号について所定の演算処理をして任意の方向の加速度を求める演算回路を備えたことを特徴とする請求の範囲第1項から請求の範囲第5項のうちのいずれか1の項に記載の加速度センサ。

7. 前記各梁は、その両端の応力集中部にMOSFETからなる応力検出素子を備え、前記支持体の各辺にまたは前記重り部の各辺に配置される2つの梁に配置された4つのMOSFETを含む差動増幅回路を構成し、これら4組の差動増幅回路の出力信号について所定の演算処理をして任意の方向の加速度を求める演算回路を備えたことを特徴とする請求の範囲第1項から請求の範囲第5項のうちのいずれか1の項に記載の加速度センサ。

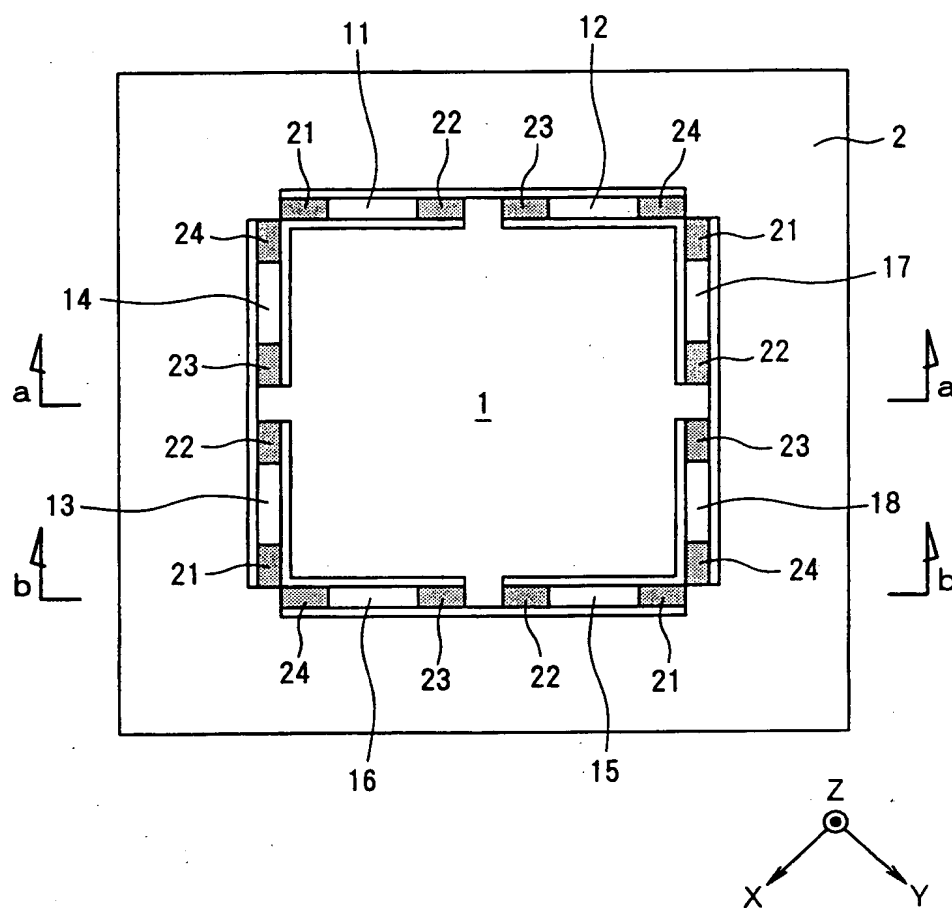
8. 前記MOSFETはP型MOSFETであり、差動増幅回路はCMOS差動増幅回路であることを特徴とする請求の範囲第7項に記載の加速度センサ。

9. 前記任意の方向とは、X軸、Y軸、およびZ軸の3方向であり、前記X軸方向とY軸方向は前記梁の長さ方向に対して45°回転した方向とし、前記Z軸方向は前記梁の厚み方向であることを特徴とする請求の範囲第6項、請求の範囲第7項、または請求の範囲第8項に記載の加速度センサ。

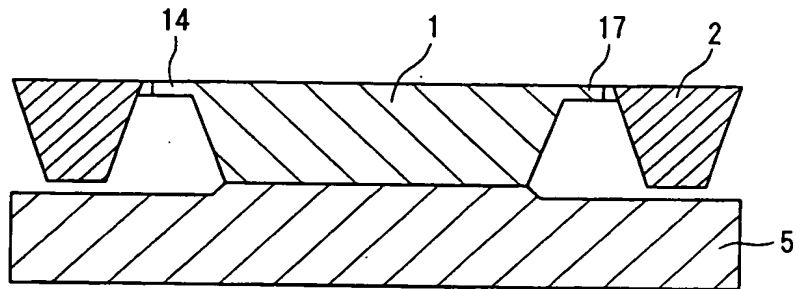
第1図



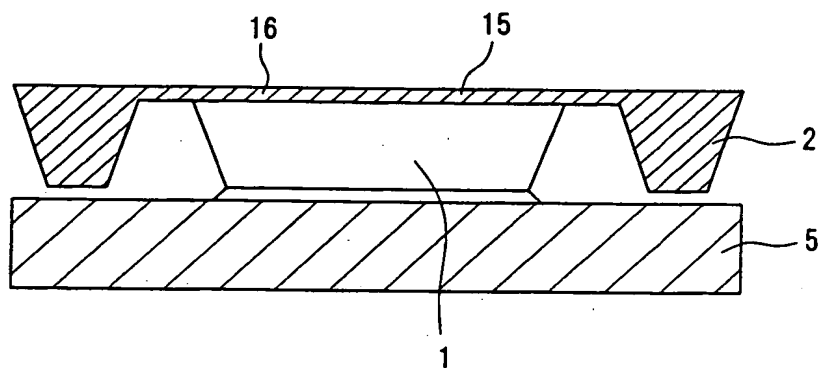
第 2 図



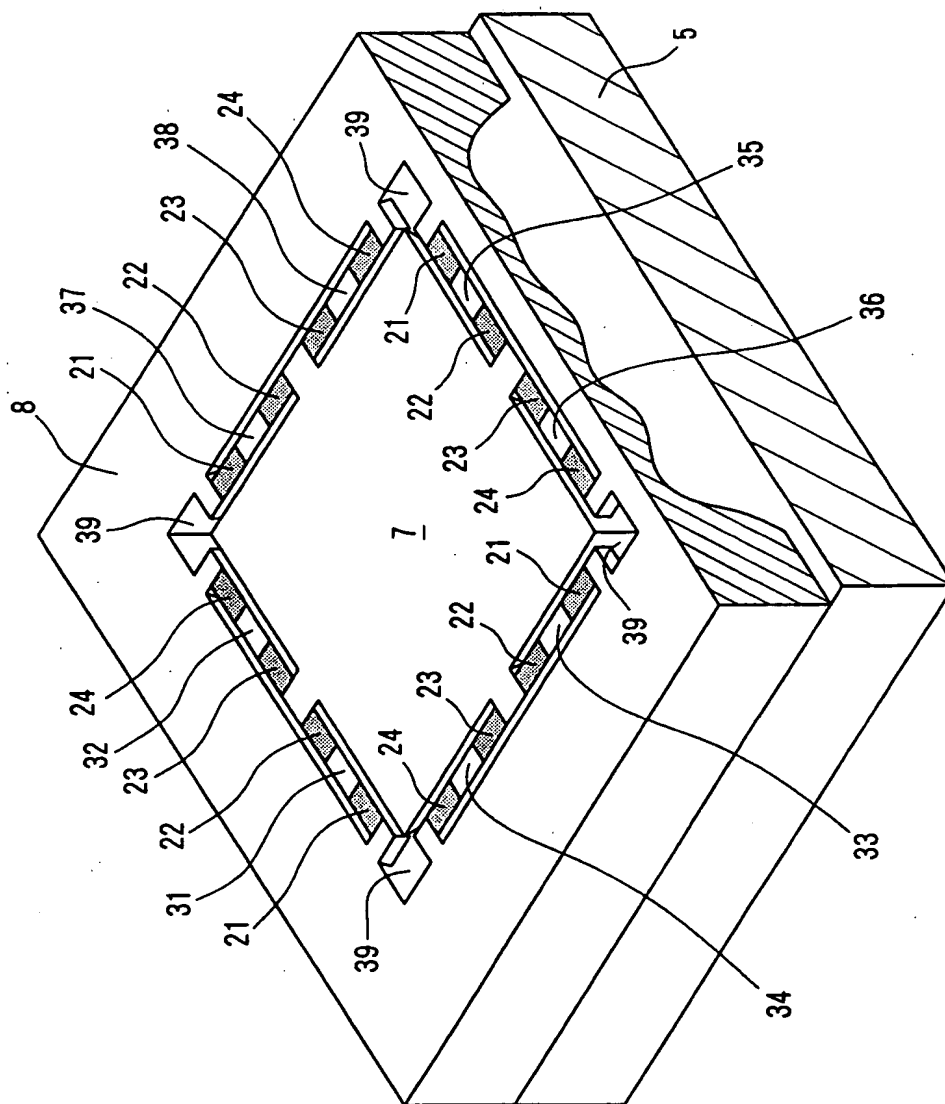
第3図



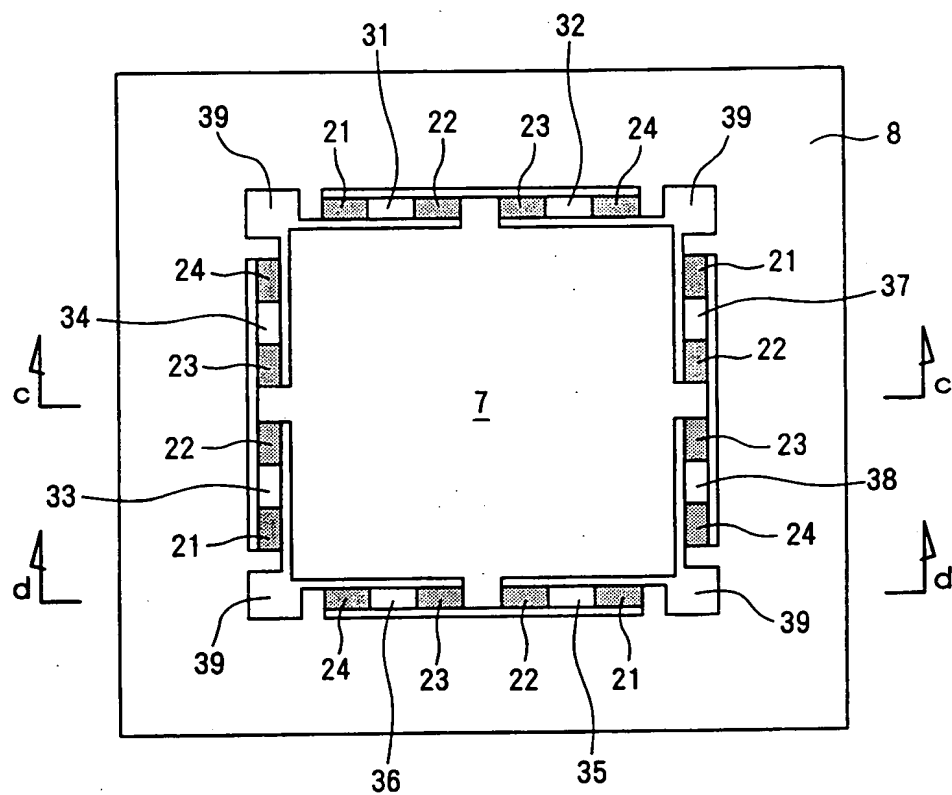
第4図



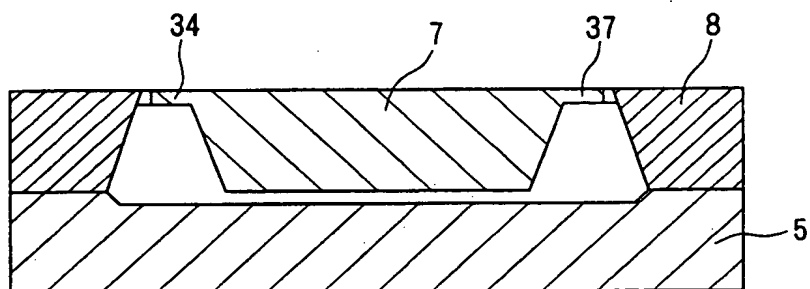
第 5 図



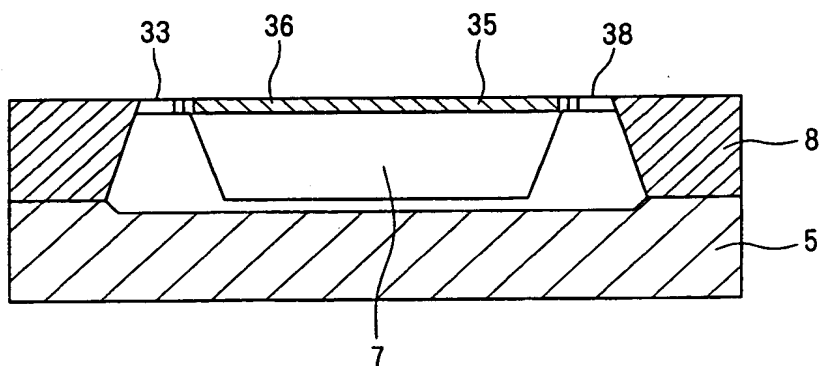
第6図



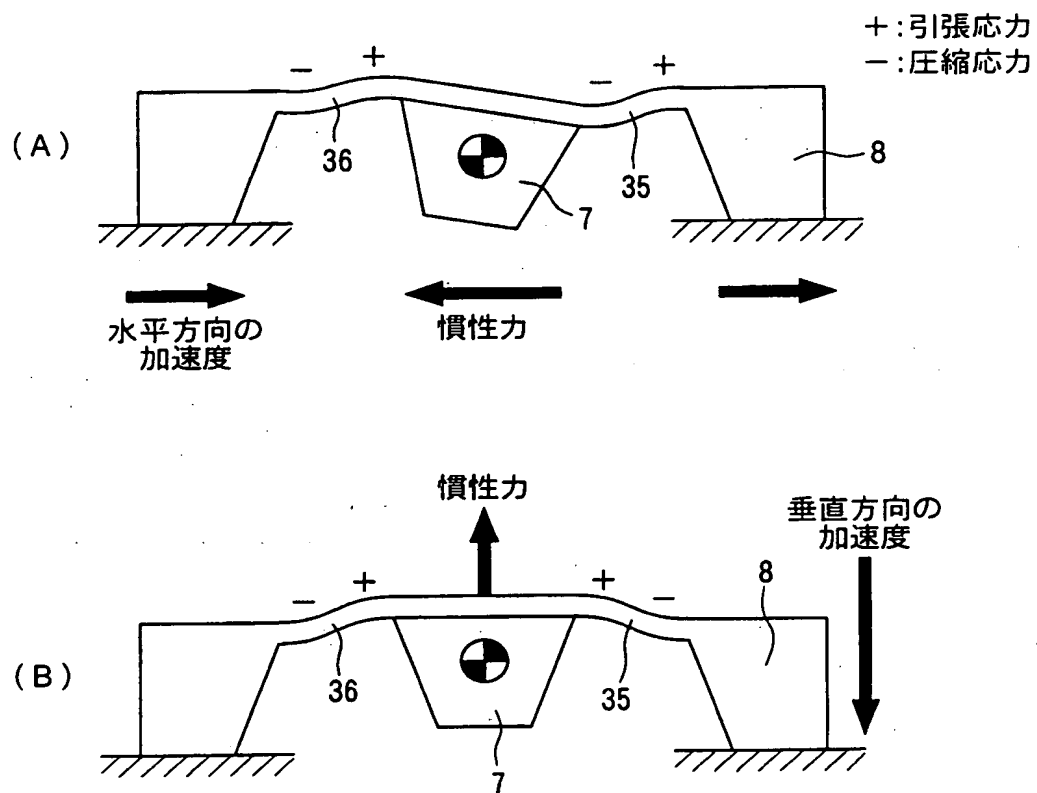
第7図



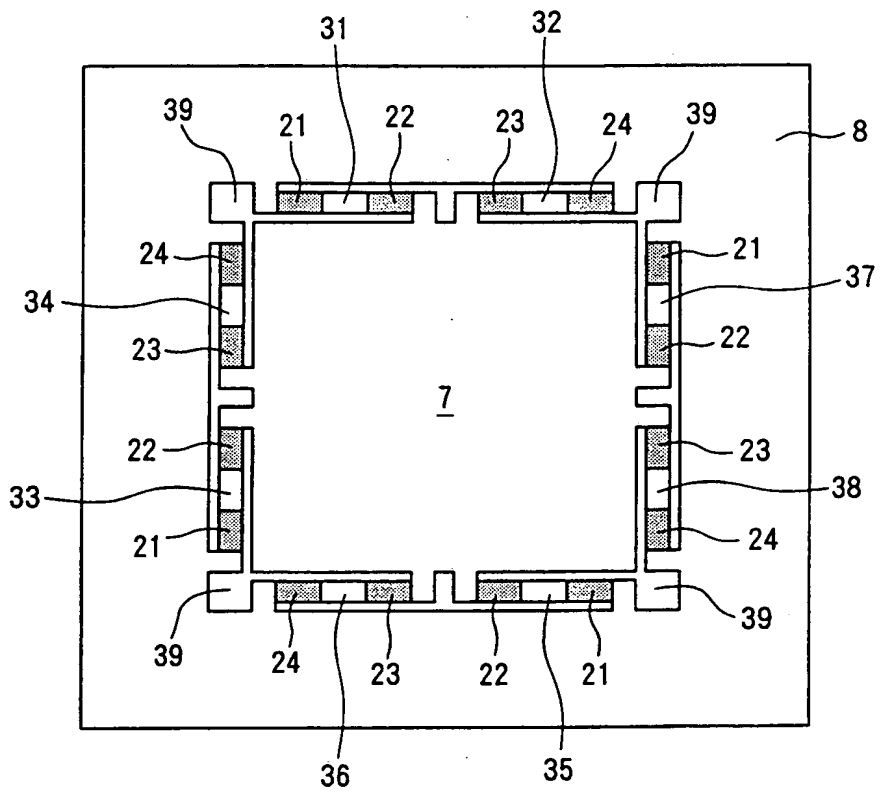
第8図



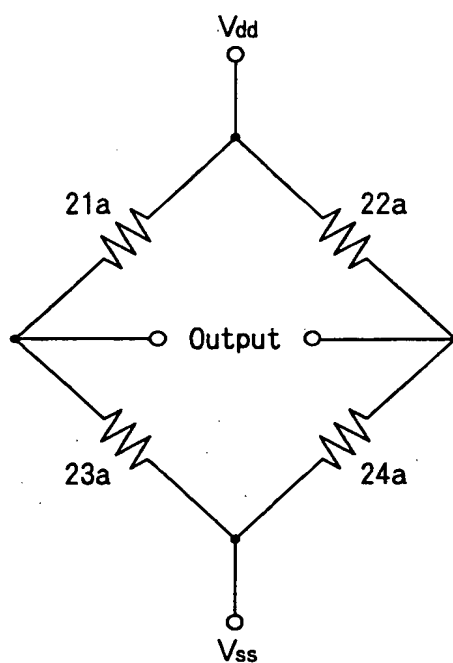
第9図



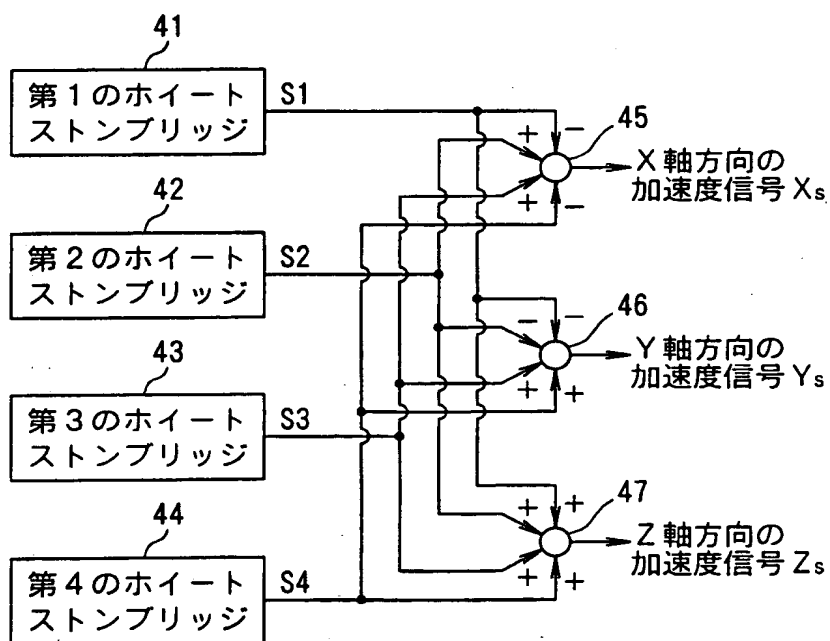
第10図



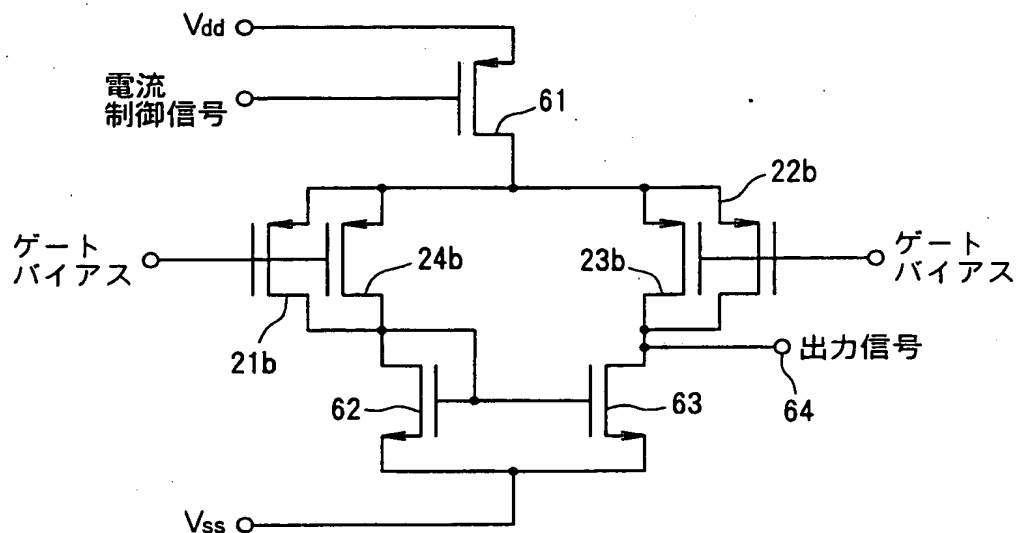
第11図



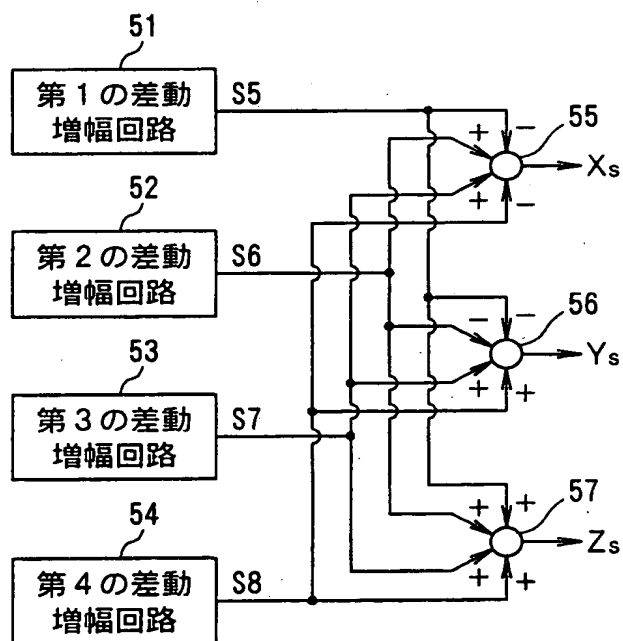
第12図



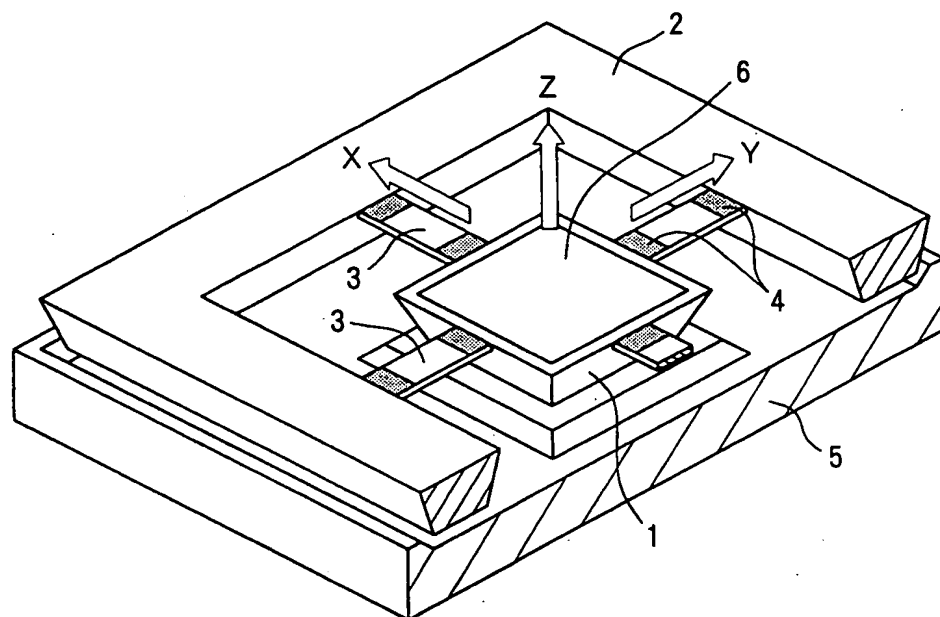
第13図



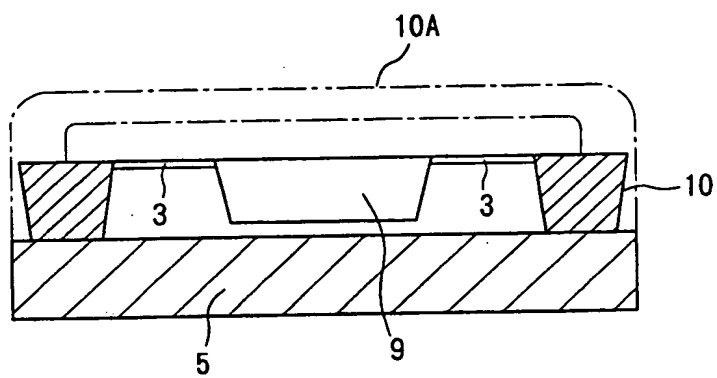
第14図



第15図



第16図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04012

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01P15/12, G01P15/18, H01L29/84, B81B3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01P15/12, G01P15/18, G01P15/125,
H01L29/84, B81B3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US, 5808198, A (The Charles Stark Draper Laboratory, Inc.), 15 September, 1998 (15.09.98), Full text; Fig. 1	3-5
Y	Full text; Fig. 1	1,2
A	Full text; Fig. 1 (Family: none)	6-9
Y	JP, 9-304424, A (Hitachi, Ltd.), 28 November, 1997 (28.11.97), Par. Nos. [0011]-[0022]; Figs. 6, 7 (Family: none)	1-2
A	US, 5490421, A (Fuji Electric Co., Ltd.), 13 February, 1996 (13.02.96), Full text; all drawings & GB, 2296977, A & JP, 5-273229, A	1-9
A	JP, 11-148946, A (Asahi Chemical Industry Co., Ltd.), 02 June, 1999 (02.06.99), Full text; all drawings (Family: none)	7-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing
date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means
"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 August, 2000 (08.08.00)

Date of mailing of the international search report
22 August, 2000 (22.08.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01P15/12, G01P15/18, H01L29/84, B81B3/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01P15/12, G01P15/18, G01P15/125,
H01L29/84, B81B3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US, 5808198, A(The Charles Stark Draper Laboratory, Inc.) 15. 09月. 1998(15. 09. 98)	3-5
Y	全文, 第1図	1, 2
A	全文, 第1図 (ファミリーなし)	6-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 08. 08. 00

国際調査報告の発送日 22.08.00

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 飯野 茂

印

2 F 9804

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 9-304424, A (株式会社日立製作所) 28. 11月. 1997 (28. 11. 97) 段落番号【0011】 - 【0022】, 第6, 7図 (ファミリーなし)	1 - 2
A	US, 5490421, A (Fuji Electric Co., Ltd.) 13. 02月. 1996 (13. 02. 96) 全文, 全図 & GB, 2296977, A & JP, 5-273229, A	1 - 9
A	JP, 11-148946, A (旭化成工業株式会社) 02. 06月. 1999 (02. 06. 99) 全文, 全図 (ファミリーなし)	7 - 9